



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desportos

Thiago Marinho Luciano

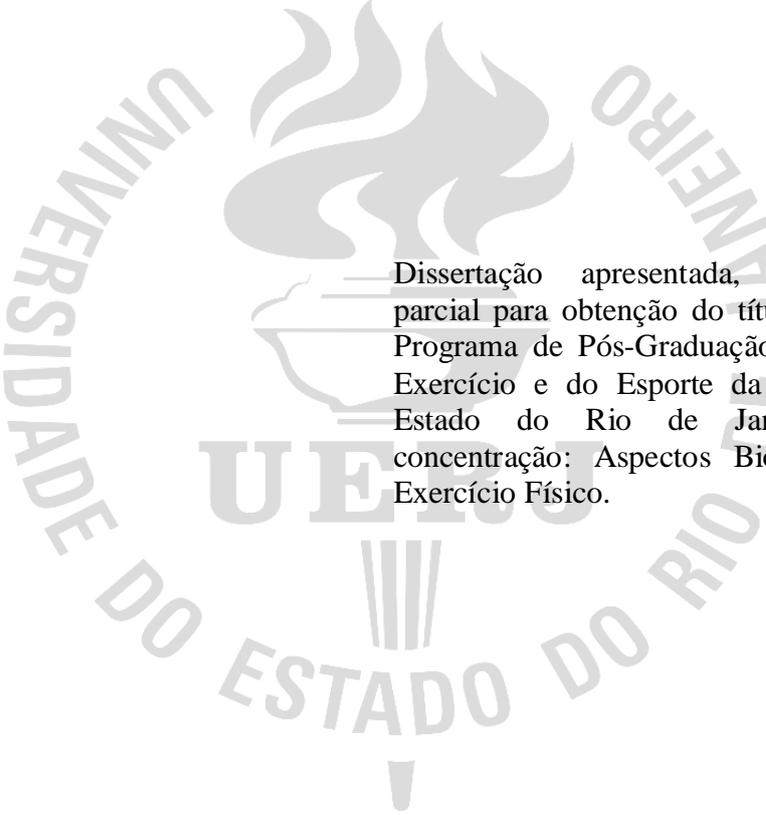
**Especificidade biomecânica de exercícios utilizados no ensino da habilidade motora salto vertical**

Rio de Janeiro

2018

Thiago Marinho Luciano

**Especificidade biomecânica de exercícios utilizados no ensino da habilidade motora  
salto vertical**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Alberto Batista

Rio de Janeiro

2018

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

L937 Luciano, Thiago Marinho.  
Especificidade biomecânica de exercícios utilizados no ensino da habilidade motora salto vertical / Thiago Marinho Luciano. - 2018.  
44 f. : il.

Orientador: Luiz Alberto Batista.  
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Salto (Atletismo) – Teses 2. Biomecânica – Teses. 3. Capacidade motora – Teses. 4. Aptidão física – Teses. I. Batista, Luiz Alberto. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU 796.431:612.7

Bibliotecária: Eliane de Almeida Prata. CRB7 4578/94

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Thiago Marinho Luciano

**Especificidade biomecânica de exercícios utilizados no ensino da habilidade motora  
salto vertical**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Rio de Janeiro, 11 de janeiro de 2018.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Luiz Alberto Batista (Orientador)

Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

---

Prof. Dr. Gustavo Leporace de Oliveira Lomelino Soares

Instituto Brasil de Tecnologias de Saúde

---

Prof. Dr. Glauber Ribeiro Pereira

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2018

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha mãe por toda dedicação, paciência e amor. Meu maior exemplo, dedico meu trabalho a ela.

A minha esposa, companheira de muitas vidas! Me dando suporte, carinho e que não me deixou abater nos momentos mais conflituosos. Sem você, não teria conseguido.

A minha filha e meu irmão, que sempre contarão com meu amor incondicional e que sempre me inspiram a ser um bom exemplo.

As minhas famílias, Marinho, Pinheiro, Marques e Moreira pela ajuda e suporte durante toda minha vida, sou eternamente grato por ter tantos exemplos carinhosos e positivos em minha vida.

Ao meu orientador e exemplo, professor Luiz Alberto, por tantos exemplos de paciência, resiliência, sabedoria e dedicação. Gratidão por toda a influência ao longo de tanto tempo.

Aos meus amigos Gustavo Leporace, Glauber Pereira, Marco Zeitoune, Igor Carvalho, Sergio Medeiros e Gabriel Cavalin, por todas as ajudas de última hora, suporte, logística e oportunidades.

Em especial ao meu amigo, afilhado, padrinho, Gabriel Zeitoune, que há 10 anos me ouve, ajuda, troca e está sempre disponível e que por inúmeras vezes me mostrou o caminho certo.

À grande equipe LaBiCoM responsável direta por toda minha evolução acadêmica.

“Um grande professor tem pouco a registrar, sua vida se prolonga em outras, esses homens são pilares de nossas escolas, mais essenciais do que seus tijolos e vigas e continuarão a ser a centelha e a revelação em nossas vidas.”

*(Filme: O Clube do Imperador, 2002)*

## RESUMO

LUCIANO, Thiago Marinho. *Especificidade biomecânica de exercícios utilizados no ensino da habilidade motora salto vertical*. 2018. 44 f. Dissertação (Mestrado em Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico) - Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

O objetivo do presente estudo foi comparar os deslocamentos angulares no plano sagital do quadril, joelho e tornozelo e o deslocamento do centro da pelve entre o salto vertical (SV), salto sobre obstáculo (SO) e o salto com alcance vertical (AV), durante as fases de preparação e propulsão. Doze sujeitos realizaram o salto vertical, o salto sobre obstáculo e o salto com alcance vertical. Foi utilizado o teste de Friedman, com teste post-hoc de Dunn-Sidak para comparar as variáveis dependentes entre as três tarefas. O nível de significância foi de  $\alpha = 0,05$ . Foram encontradas diferenças no deslocamento do centro da pelve somente entre o SO com o SV e AV. Assim como foram encontradas diferenças significativas no deslocamento do quadril, joelho e tornozelo na fase área ascendente do salto SO quando comparadas ao SV e AV, mas não houve diferença entre o SV e AV. Conclui-se que o AV parece reunir mais variáveis cinemáticas similares ao SV quando comparadas com o SO.

Palavras-chave: Salto vertical. Especificidade técnica. Habilidade motora. Aprendizagem. Ultrapassagem. Alcance vertical. Salto sobre obstáculo.

## ABSTRACT

LUCIANO, Thiago Marinho. *Biomechanical specificity of exercises used in motor skill teaching vertical jump*. 2018. 44 f. Dissertação (Mestrado em Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico) - Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

The objective of the present study was to compare the angular displacements in the sagittal plane of the hip, knee and ankle and the displacement of the pelvis center between vertical jump (VJ), jump over obstacle (JO) and jump with vertical reach (VR), during the preparation and propulsion phases. Twelve subjects performed the vertical jump, the jump over obstacle and the jump with vertical reach. The Friedman test was used, with a Dunn-Sidak post-hoc test to compare the three tasks. The level of significance was  $\alpha = 0.05$ . Differences were found in the displacement of the center of the pelvis only between the JO with VJ and VR. As well as significant differences were found in hip, knee and ankle displacement in the flight phase of the JO jump when compared to VJ and VR, but there was no difference between VJ and VR. It is concluded that VR has more kinematic variables similar to VJ when compared to JO.

Keywords: Vertical jump. Motor ability. Motor learning. Hurdle. Vertical reach. Jump over obstacle.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Análise de Divisão em Etapas do Salto Vertical - Etapa (E) - Instante (I) - Duração (D) .....	26
Figura 2 – Instrumento para o salto com obstáculo .....	29
Figura 3 – Figura representativa do erro devido a artefatos de movimento do cluster. Retirada e adaptada .....	32
Figura 4 – Figura ilustrativa do posicionamento dos 31 marcadores reflexivos e das quatro placas de plásticos (clusters) aderidos na pele .....	33
Figura 5 – Ambiente de Coleta .....	34
Figura 6 – Variáveis contínuas analisadas do sujeito 1 .....	36
Figure 7 – A: Gráfico do deslocamento do centro da pelve; B: Deslocamento angular do joelho no plano sagital; C: Deslocamento angular do quadril no plano sagital; D: Deslocamento angular do tornozelo no plano sagital. ....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Nome das etapas .....	26
Tabela 2 –	Nome das etapas .....	27
Tabela 3 –	Dados demográficos da amostra .....	28
Tabela 4 –	Mediana e primeiro e terceiro quartis (IQ25/75%) para centro da pelve (% da estatura), durações das articulações do quadril, joelho e tornozelo (°) nas três tarefas motoras e resultado dos testes de Friedman (p-valor) .....	38

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
1.1	<b>Educação física e aprendizagem motora</b> .....	16
1.2	<b>Habilidades motoras</b> .....	16
1.2.1	<u>Sistemas e Classificação Unidimensional</u> .....	17
1.2.2	<u>Dimensões da musculatura</u> .....	17
1.2.3	<u>Distinguibilidade de movimentos</u> .....	18
1.2.3.1	<u>A estabilidade do ambiente</u> .....	18
1.3	<b>Salto vertical</b> .....	20
1.3.1	<u>Hm salto vertical</u> .....	20
1.3.2	<u>Protocolos de salto</u> .....	20
1.3.3	<u>Tipos de salto</u> .....	21
1.3.4	<u>Altura do salto</u> .....	22
1.3.5	<u>Amplitude de movimento <i>versus</i> força</u> .....	23
1.3.6	<u>Sequência desenvolvimentista do salto vertical</u> .....	23
1.3.7	<u>Biomecânica do salto vertical</u> .....	24
2	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	28
2.1	<b>Introdução</b> .....	28
2.2	<b>Sujeitos</b> .....	28
2.3	<b>Movimentos corporais utilizados como exercícios</b> .....	28
2.4	<b>Habilidade motora salto vertical</b> .....	30
2.5	<b>Instrumentação e coleta de dados</b> .....	30
2.6	<b>Análise estatística</b> .....	34

3	<b>RESULTADOS</b> .....	37
4	<b>DISCUSSÃO</b> .....	39
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	41
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	42

## INTRODUÇÃO

Aprendizagem é conceituada como sendo o processo no qual decorrem alterações na capacidade da pessoa em desempenhar uma habilidade, as quais resultam em melhorias relativamente permanentes no desempenho, devido à uma prática ou à uma experiência (MAGILL, 2000). No campo motor, Meinel e Schnabel (1984) consideram que ela resulta em aquisição, refinamento, estabilização e aplicação de gestos motores.

As habilidades motoras (HM) são padrões de movimentos que envolvem diferentes partes do corpo humano com objetivos específicos. São exemplos de HM o ato de correr, saltar, catar e outros que o indivíduo cumpre usualmente, tanto em situações genéricas quanto específicas (GALLAHUE, 2013) e a aquisição destas estão relacionadas positivamente com atividade física, saúde e autoestima (SGRÒ, 2015).

Tal como é preconizado para todo e qualquer objeto a ser aprendido, um processo de ensino formal de HM, para ser eficiente, deve ser conduzido por meio de progressões pedagógicas, as quais devem proporcionar graus progressivos de dificuldade, assim como devem ser compostas por exercícios que mantenham o maior grau de similaridade possível com o movimento corporal alvo. Isso impõe a necessidade de que seja garantido um maior grau de semelhança entre a configuração dos movimentos corporais utilizados como exercício (MCE) e as habilidades motoras objeto de aprendizado. Nesse sentido o princípio da especificidade, conceito básico do treinamento esportivo, pode ser admitido como noção de base, orientadora para o delineamento de exercícios motores (TUBINO, 2003). O referido princípio preconiza que exercícios específicos tendem a desencadear adaptações particulares e por isso produz resultados especiais. Como exemplo veja-se o caso, de natureza fisiológica, no qual adaptações particulares de força-potência resultam da execução de exercícios anaeróbios específicos, ao passo que estimulações de resistência tendem a acarretar adaptações nos sistemas aeróbios (MCARDLE *et al.*, 2003). Outro exemplo de especificidade, que perpassa o aspecto da configuração da ação motora, é visto na declaração de Astrand (2005), quando o mesmo adverte que os resultados obtidos em testes realizados em cicloergômetros e esteiras rolantes não podem ser tomados como indicadores estritos de um mesmo tipo de desempenho, muito embora os dois estejam associados ao mesmo sistema de produção de energia. Perceba-se que a diferença entre as duas estratégias apresentadas não é de natureza fisiológica, uma vez que está relacionada a configuração do movimento corporal.

No campo da Biomecânica, o conceito de “especificidade” técnica congrega elementos conceituais similares ao princípio da especificidade de natureza fisiológica, amplamente disseminado no campo do treinamento esportivo, o que faz com que estudiosos do tema preconizem que as variáveis cinéticas e cinemáticas dos estímulos presentes em exercícios, se equiparem às variáveis presentes no quadro de movimento corporal inerente a HM foco da exercitação (WEINECK, 2003).

Com base nessas proposições e tendo em vista também os conceitos da aprendizagem motora, é possível hipotetizar uma relação entre exercício utilizado no processo de ensino de habilidades motoras e as habilidades motoras em si. Sendo assim, parece razoável sugerir que a noção de especificidade pode ser aplicada para o entendimento dessa relação.

Portanto, admitimos como pressuposto fundamental que, para se estimular adequadamente a instalação de modificações mais ou menos permanentes no que tange à configuração corporal motriz de uma HM, as ações pedagógicas utilizadas devem caracterizar-se por buscar estabelecer elevados graus de especificidade biomecânica entre elemento de ensino e objetos de aprendizado.

Segundo Batista (1993) há fartas evidências de ser comum no contexto de ensino de habilidades motoras, notadamente no que tange à estruturação e a utilização de estratégias de intervenções pedagógicas, que os movimentos corporais utilizados como exercícios provenham, massivamente, do senso-comum, o que faz com que os resultados obtidos como produto da aplicação das ações pedagógicas, sejam eles positivos ou negativos, constituam obra do acaso. Suspeitamos que essa situação, enunciada nos anos de 1990, prevaleça até os dias atuais, sendo escassas, na literatura científica, evidências que demonstrem a relação do grau de semelhança entre a configuração biomecânica dos MCE e as HM a serem aprendidas.

No entanto, o início do processo de investigação pelo conhecimento mais confiável e pela intervenção pedagógica mais eficiente, demanda a ciência de informações fundamentais. Antes da discussão de qual método será mais eficaz ou mais eficiente para cada fase da aprendizagem ou idade, torna-se necessário o conhecimento básico de informações acerca dos gestos motores (THOMAS, NELSON, SILVERMAN, 2007).

No presente estudo delimitamo-nos a estudar a HM Salto Vertical (SV). No que tange ao seu processo de ensino-aprendizagem, diversos movimentos são comumente utilizados como exercícios. No entanto, considerando o atual estado da arte, pouco se conhece acerca destes exercícios, assim como a sua real influência no processo de ensino do SV. Deste modo,

foram identificadas variáveis cinemáticas que estão relacionadas diretamente com o objetivo do SV para posteriormente comparação. Diante do exposto, assumimos como questão genérica do estudo, o fato de não sabermos se existe diferença entre os deslocamentos angulares no plano sagital das articulações do membro inferior e do deslocamento do centro da pelve durante a execução de um salto vertical quando comparado ao salto sobre obstáculo e o salto com alcance vertical.

### **Problema**

Existe diferença entre os deslocamentos angulares no plano sagital das articulações do membro inferior e do deslocamento do centro da pelve durante o salto vertical quando comparado ao salto sobre obstáculo e o salto com alcance vertical?

### **Justificativa e relevância**

É imprescindível que o profissional de Educação Física consiga estabelecer uma estimativa do real impacto, seja ele positivo ou negativo, dos movimentos corporais que formaliza como exercícios com o propósito de promover a aquisição de habilidades motoras pelos seus alunos, nos diferentes níveis e ambientes de ensino (BATISTA, 1993). Nesse sentido, o presente estudo introduz-nos na investigação de um tema relevante do ponto de vista prático uma vez que propiciará a produção de conhecimentos que auxiliarão a professores de HM o alcance do referido estado pedagógico.

O campo da Biomecânica é possuidor de um grande número de ferramentas, tecnológicas e processuais, validadas para o estudo descritivo das HM, no entanto o uso desse arsenal metodológico tem sido restrito à essa ciência, caracterizando um caso de “endogenia epistemológica” (BATISTA, 1996), condição que será superada nessa investigação uma vez que os métodos da Biomecânica serão utilizados para dar objetividade na coleta e processamento de dados inerentes a outros campos de conhecimento, notadamente o da aprendizagem motora e treinamento esportivo. Aliás, esse tipo de distanciamento é uma das prováveis causas do “Treinamento da técnica motora” ser tratado de forma superficial, em

textos clássicos de treinamento, apesar de ser reconhecido como tema relevante (HEGEDUS, 1984; TUBINO, 2003; WEINECK, 2003).

Em última instância, o problema formulado como questão central desse estudo suscita, para ser solucionado, o desenvolvimento e refinamento de métodos específicos de investigação e processamento de dados. Isso agrega outro valor à investigação pois que, em certa medida, proporcionará a produção e autenticação de novas de estratégias de investigação que poderão ser utilizadas em estudos futuros que tenham natureza semelhante ao presente.

Delimitamos nosso estudo com a HM do SV, pois esta é uma das HM mais básicas e umas das primeiras a se consolidar (GALLAHUE, 2013), além de ser comum e muito importante para o domínio das diversas atividades recreativas ou esportivas (ALVES *et al.*, 2010; FLORIA; HARRISON, 2011;). Embora o SV tenha sido amplamente investigado pela literatura (DEPRA; WALTER, 2012), parece que pouco se sabe, sobre o ponto de vista da biomecânica, acerca dos MCE e o grau de especificidade com HM do SV.

## **Objetivos**

### Objetivo Geral

Comparar os deslocamentos angulares no plano sagital do quadril, joelho e tornozelo e o deslocamento do centro da pelve entre a HMF salto vertical (SV) e as MCE salto sobre obstáculo (SO) e salto com alcance vertical (AV).

### Objetivos específicos

- Descrever o padrão do deslocamento angular do quadril, joelho e tornozelo durante os três tipos de saltos;
- Descrever o padrão do deslocamento do centro da pelve durante os três tipos de salto;

## **Hipótese do estudo**

O deslocamento angular dos membros inferiores durante o salto sobre obstáculo apresentará maior diferença em relação ao salto vertical, quando este for comparado ao salto com alcance vertical.

## **1. REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.1. Educação Física e Aprendizagem Motora**

Um dos objetivos da Educação Física é a preocupação com o desenvolvimento físico, mental, emocional e social dos praticantes por meio da prática regular de atividades físicas. Portanto, pode-se afirmar ser de fundamental importância que o profissional de Educação Física detenha conhecimentos das técnicas, métodos, treinamentos e conhecimentos científicos que permeiam esta área, tais como os de Fisiologia, Aprendizagem Motora, Desenvolvimento Motor e Biomecânica.

Estes conhecimentos são de suma importância na preparação do profissional de Educação Física durante suas práticas de ensino. No entanto a transferência de conhecimento do campo teórico para o campo prático necessita uma minuciosa interpretação, uma vez que esta emigração epistêmica deve manter a estrutura original do conhecimento, buscando o mínimo de adaptação durante este deslocamento (BATISTA, 2004). É importante estar ciente que este processo de transferência não é somente uma movimentação de conteúdo da teoria para a prática. Este traslado unilateral pode gerar prejuízos a quem gerou o conhecimento e aos receptores (alunos). São acontecimentos da prática que vão retroalimentar a cultura geradora de conhecimentos, tornando assim, este processo positivo para ambos os extremos, este fenômeno é conhecido como simbiose epistêmica (BATISTA, 2004.).

Um dos campos da educação física capaz de gerar estes conhecimentos é o campo da aprendizagem motora. Magill (2000) define aprendizagem como sendo uma mudança na capacidade de exercer uma determinada habilidade; para tanto, deve-se identificar uma relativa e permanente melhora no desempenho desta habilidade, proveniente da prática ou da experiência.

### **1.2. Habilidades motoras**

Conceitualmente, habilidade abrange três importantes características: possuir uma finalidade específica a ser atingida, ou seja, ela necessariamente precisa ter um objetivo. Durante a caminhada por exemplo, o indivíduo tem como finalidade se deslocar de um ponto a outro. A habilidade necessita ser voluntária, entende-se como voluntários, movimentos com intencionalidade, portanto, os movimentos oriundos de atos reflexos, não são considerados como habilidades, embora haja movimento e uma finalidade. (MAGILL, 2000). Por fim, a terceira característica das habilidades é fundamental para caracterização de uma HM: ela necessariamente requer movimentação corporal. Magill (2000) ressalta que a resolução de problemas matemáticos pode ser considerada uma habilidade, no entanto, não pode ser considerada uma HM pois não há movimentação de segmentos corporais.

#### 1.2.1 Sistemas e Classificação Unidimensional

Magill (2000) apresenta três sistemas de classificação das habilidades motoras unidimensionais, com o intuito de organizar e auxiliar os professores da saúde na aplicação de conceitos e princípios da aprendizagem de habilidades motoras em programas de reabilitação e treinamento.

#### 1.2.2 Dimensões da musculatura envolvida

A primeira classificação considera o tipo de grupo musculares que são necessários para executar determinada HM, podendo ser classificada como uma HM grossa, também conhecidas como HM fundamentais. Caminhar, saltar, pular, arremessar são exemplos de HM grossas, pois para a execução é necessária uma demanda de grandes grupamentos musculares. No extremo oposto, HM que exigem a ação primariamente de pequenos grupos musculares são classificadas como HM finas, como desenhar, digitar, pintar, costurar etc.

### 1.2.3 Distinguibilidade de movimentos

A segunda classificação discorre sobre a definição quanto ao ponto inicial e final de uma determinada HM. É classificada como HM discreta quando a HM possui um ponto inicial e final bem definidos, como por exemplo; ligar e desligar um interruptor ou acionar a embreagem de um carro.

Enquanto que atividades que representam uma sequência de movimentos discretos combinados são consideradas como HM em série. O movimento de arremesso em suspensão no handebol pode ser considerado uma HM em série, pois o atleta precisa segurar a bola durante o ritmo trifásico, saltar, fazer o arremesso e aterrissar, ou seja, para executar esta HM, é necessário sucesso na série de movimentos.

Há ainda um conjunto de movimentos que não são contemplados pelas classificações acima, ações que são cíclicas e contínuas, como é o caso do correr, caminhar, guiar um carro ou nadar, estas são classificadas pelo autor como HM contínuas. Ao que parece, este sistema de classificação tem sido privilegiado pelos pesquisadores na área de habilidades motoras e controle motor, uma vez que certos fenômenos do controle motor acontecem em habilidades contínuas e não acontecem em habilidades discretas e vice-versa.

#### 1.2.3.1 A estabilidade do ambiente

Neste sistema de classificação, entende-se como ambiente, o objeto no qual o indivíduo está se relacionando, ou ainda, as características do contexto no qual a pessoa realiza a ação. Durante um serviço no voleibol, a bola será o objeto de análise, enquanto em uma corrida na rua, a rua será o foco da avaliação. Desta forma, a ação pode ser caracterizada como HM fechada, quando o ambiente ou objeto for estável, ou seja, ele não é alterado enquanto o indivíduo pratica o movimento.

Por outro lado, uma habilidade desenvolvida em um ambiente não estável, onde o objeto sofre alterações ou variações, a HM é classificada como aberta. Durante uma prova de tiro ao alvo, podemos classificar a HM como fechada, uma vez que o instrumento e alvo são estáveis. Enquanto uma recepção de um serviço no tênis é considerada como HM aberta, uma

vez que o objeto, bola, está com velocidade e direção variável e o indivíduo precisa se adaptar para conseguir realizar HM com sucesso.

### 1.3. Salto vertical

#### 1.3.1. Hm salto vertical

Esta HM é pertencente ao grupo de HM de locomoção, que consiste no transporte do corpo de uma direção para um outro ponto. Como esta é uma das primeiras HM a ser consolidada pelo ser humano e é gesto motor primário para diversas e diferentes ações motoras específicas, notadamente no caso de práticas esportivas. De um ponto de vista de desempenho o SV tem como objetivo promover o maior valor de deslocamento vertical do centro de massa corporal, partindo o executante da posição ortostática (GALLAHUE, 2013).

#### 1.3.2. Protocolos de salto

Alves (2010) relata suas etapas, iniciando com a apresentação de um vídeo, demonstrando a HM almejada, enquanto outros estudos se limitaram a instrução do sujeito, orientando que ele realizasse o salto mais alto possível (WANG, LIN, HUANG, 2004; MELO *et al.*, 2008; FLORIA, HARRISON, 2011; DEPRÀ, WALTER, 2012); há também aqueles que demonstraram como seria o salto vertical esperado (ARAGÓN-VARGAS, 2000; AFIFI, HINRICHS, 2012).

Constatamos que nvestigações utilizaram durante o procedimento a realização de três saltos partindo da posição estática e bípede (LARKINS, SNABB, 1999; ARAGÓN-VARGAS, 2000; MELO *et al.*, 2008; ALVES, 2010; FLORIA, HARRISON, 2011; AFIFI, HINRICHS, 2012; DEPRÁ, WALTER, 2012) ou cinco saltos (WANG, LIN, HUANG, 2004; CHALLIS, 1998) e com um minuto (ARAGÓN-VARGAS, 2000) ou com dois minutos de intervalo entre os saltos (FLORIA, HARRISON, 2011).

Quanto à posição do indivíduo, alguns protocolos não consideraram a movimentação de membro superior, restringindo-os com as mãos apoiadas no quadril (CHALLIS, 1998; ARAGÓN-VARGAS, 2000; WANG, LIN, HUANG, 2004; AFIFI, HINRICHS, 2012).

### 1.3.3. Tipos de saltos

Considerando o tipo de movimentação da HM, foram encontrados dois tipos de saltos relatados na literatura. Os saltos que utilizam um agachamento antes da saída do solo, os quais são chamados de contra-movimento; e aqueles que não fazem o uso deste mecanismo; o sujeito é limitado a sair de uma determinada posição (CHALLIS, 1998). Esse tipo de modificação traz consequências diretas na quantidade de amplitude de movimento do centro de massa corporal e no acúmulo de energia antes do salto. Para garantir que não haja uma fase descendente nos saltos que não permitem o contra-movimento, é feita a análise das FRS do período anterior a fase aérea, as quais fornecem dados que relatam se houve ou não movimento (CHALLIS, 1998).

Também está disponível na literatura a classificação de saltos como bilaterais e unilaterais. Na investigação de Challis (1998) foi encontrado um déficit na altura alcançada quando o salto é feito bilateralmente, ou seja, com a utilização ativa dos dois membros inferiores. Os resultados indicaram que o salto unilateral atingiu 58% da altura atingida pelo salto bilateral. Portanto a máxima altura alcançada no salto bilateral é inferior ao dobro do alcançado no movimento unilateral. Este resultado foi atribuído aos diferentes picos de torque em cada articulação. Gerando assim um padrão de contração de cada músculo diferente em cada tipo de salto. O autor explicou que esse padrão pode variar em função de três fatores: comprimento dos músculos, suas velocidades e o seu grau de ativação.

Ainda sobre os tipos de saltos, Afifi e Hinrichs (2012) compararam a aterrissagem de dois tipos de habilidades motoras, a do salto contra movimento e da queda de uma altura específica. Na primeira, o indivíduo salta verticalmente com as características de um salto com contra movimento, enquanto na segunda o sujeito apenas desce de uma caixa e realiza a aterrissagem. Os autores deste estudo justificam sua problemática, afirmando que a tarefa de descida da caixa é comumente utilizada para retratar a aterrissagem da habilidade motora do SV. Entretanto, seus resultados apresentaram dados que confirmam que deve haver uma preocupação maior quando for feito este tipo de comparação. Foram achadas diferenças na flexão de quadril, joelho e tornozelo, possuindo valores maiores para o salto contra movimento. No entanto, foi encontrado maiores taxas de aplicação de carga e FRS para aterrissagem provindas de quedas de uma caixa. Ao que parece, esta última informação pode

ser importante para a escolha dos exercícios de desenvolvimento da aterrissagem para determinados públicos, por exemplo, crianças.

#### 1.3.4. Altura do salto

Por meio da captura de dados das plataformas de força, é possível estimar a altura máxima obtida em um salto vertical. Os estudos revelaram alguns cálculos para mensurar a altura alcançada do salto; o estudo de Melo *et al.* (2008) identificou esta altura por meio de um teste de regressão linear múltipla, do tipo “enter”.

Em um diferente estudo, outro método foi utilizado, a divisão de aplicação de força pela massa dos sujeitos gera uma curva de aceleração no tempo. Diante disto, utilizando a regra trapezoidal, pode-se obter dados da velocidade do centro de massa (CM) e por integração numérica, pode-se saber o deslocamento do CM (STREET *et al.*, 2001 apud FLORIA, HARRISON, 2011).

Ou ainda, pode-se utilizar a fórmula  $h = \frac{1}{2}gt^2$  para o cálculo da altura do salto, onde “h” é a altura, “g” seria a aceleração da gravidade e “t” o tempo de voo. Este último é definido pelos instantes do último contato com o solo e o retorno ao mesmo após o salto, estes dados são obtidos pelas forças de reação do solo, coletados pela plataforma de força (DEPRÁ, WALTER, 2012).

O estudo de Aragón-Vargas (2000) comparou quatro tipos de cálculo da altura máxima obtida no salto vertical. Considerou-se como padrão e o método mais confiável, aquele que utiliza a exata posição do CM. A altura do salto é obtida pela subtração da altura do CM quando o sujeito está em pé, da posição mais alta durante o salto. Este cálculo utiliza a soma dos torques, a qual necessita o cálculo da soma do CM de cada segmento corporal.

Cabe também a identificação de instantes por meio da análise do comportamento das forças de reação do solo. Floria e Harrison (2011) identificaram seis instantes, começando pela alteração significativa da curva da força vertical de reação do solo, para cima ou para baixo. O segundo instante de máxima velocidade do CM na fase de acúmulo de energia, seguida pelo instante zero da velocidade do CM. O quarto evento foi o instante de maior valor da força vertical de reação do solo, seguido da máxima velocidade do CM quando o sujeito

está em direção para cima. E o último instante, seria aquele no qual o indivíduo perde o contato com a plataforma.

A altura do salto foi calculada pela diferença entre a altura do centro da pelve no momento em que o sujeito estava em postura ortostática até o máximo de deslocamento vertical que o centro da pelve alcançou na fase aérea ascendente.

#### 1.3.5. Amplitude de movimento versus força

Estudos demonstraram que a amplitude de movimento possui maior influência no aumento da altura alcançada pelo salto quando comparada a quantidade de força aplicada durante o movimento (FLORIA, HARRISON, 2011).

Ainda sobre a influência da amplitude de movimento, o estudo de Larkins e Snabb (1999) buscou investigar se a posição angular inicial do tornozelo pode alterar a altura do salto vertical. Foi mensurada a altura do SV de jovens mulheres em cima de uma plataforma de salto, a qual foi colocada em diferentes posições, variando sua inclinação para alterar diretamente a posição do inicial do tornozelo. A plataforma foi inclinada anteriormente e posteriormente, aumentando a flexão plantare dorsi flexão de tornozelo respectivamente.

Este trabalho constatou que o aumento da dorsi flexão de tornozelo causou um acréscimo na altura do salto quando comparados com o tornozelo em posição neutra e em flexão plantar. Essa modificação parece alterar diretamente a amplitude de movimento do tornozelo, aumentando o tempo de aplicação de força e assim, por consequência, gerando um maior impulso. O autor sugere a criação de um modelo de tênis com uma maior inclinação posterior, o que tornaria maior a flexão da articulação e aumentaria a *performance* do usuário. Entretanto os autores relatam desconhecer quais os efeitos crônicos desta mudança no complexo osteomioarticular.

#### 1.3.6. Sequência desenvolvimentista do salto vertical

Gallahue (2005) apresenta uma sequência de desenvolvimento esperado para cada habilidade motora, esta série de eventos foi dividida em estágios e serviu de instrumentação para diversos trabalhos que investigaram o SV. As fases seguem uma evolução de uma execução rudimentar para uma mais coordenada. O primeiro estágio é o inicial, seguido do estágio elementar e o último é conhecido como maduro.

O estágio inicial acontece em torno do segundo ano de idade e é caracterizado por um agachamento preparatório inconsistente, dificuldades na impulsão bilateral, extensão insuficiente do tronco na impulsão, pouca ou nenhuma flexão da cervical, e ainda movimento dos braços não coordenados com o tronco e a perna e por consequência gerando uma baixa altura alcançada.

No estágio elementar a flexão dos joelhos é maior que noventa graus durante o agachamento na fase de impulsão, a inclinação é exagerada durante o agachamento, mas o impulso já é realizado com a ativa movimentação dos dois membros inferiores. No entanto, o corpo não está estendido totalmente na fase aérea, os braços tentam ajudar na impulsão e no equilíbrio; mas não de forma igual, e ainda há um deslocamento horizontal notável observado na aterrissagem.

No estágio maduro, por volta dos dez anos, as movimentações são mais coordenadas e característica como o agachamento preparatório mais eficiente, sendo realizado entre sessenta e noventa graus de flexão de joelho, a extensão firme dos quadris, joelhos e tornozelos, a flexão de ombros mais coordenada e simultânea são mais comuns. Assim a flexão da cervical com o foco visual no alvo, a extensão total do corpo, a elevação do braço de alcance com o abaixamento do outro braço no auge do voo, permitindo o alcance do alvo; além de um pouso mais controlado e bem próximo ao ponto de saída, ou seja, sem grandes deslocamentos horizontais.

É importante saber que este modelo possui limitações esclarecidas pelo próprio autor, uma vez que esta divisão é apenas um modelo de desenvolvimento motor, conceitual, com orientações gerais para descrever e explicar o comportamento motor. A criança está sob influência direta da sua estrutura genética e das estimulações do ambiente o tempo todo, portanto é importante não tratar estes dados como regras e sim como indicações.

### 1.3.7. Biomecânica do salto vertical

Segundo Gallahue (2013) saltar é uma habilidade de projeção do corpo que envolve três etapas principais: a preparação, a produção de força e aterrissagem. A primeira fase acontece quando o corpo está em preparação para o salto iminente. A segunda fase é onde o indivíduo começa a aplicar forças necessárias para entrar na fase aérea, ou seja, perder o contato com o solo. A terceira fase acontece quando o sujeito retorna ao solo e começa absorver as cargas provenientes do contato com o solo.

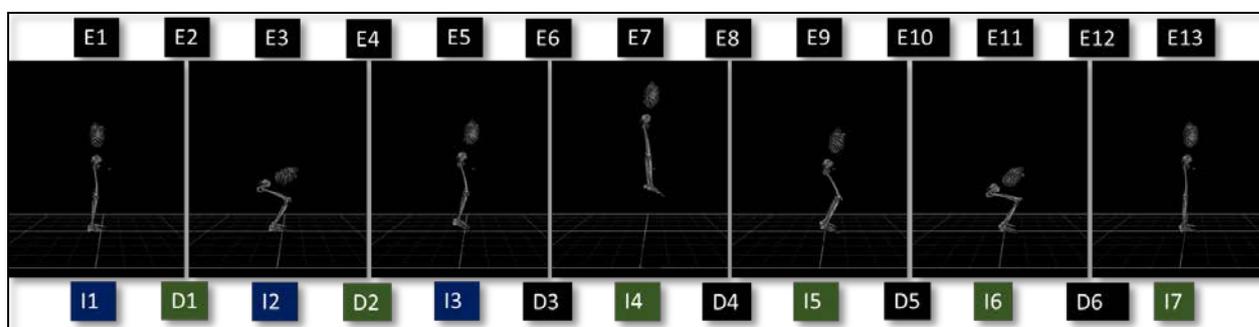
No entanto, após a aplicação do método conhecido como Análise de Divisão por Etapas (ADE) podemos destacar treze fases importantes. Este método é uma decomposição da habilidade motora em instantes e durações. Instantes são breves momentos que representam a posição de início e ou final de uma etapa importante, sob o ponto de vista biomecânico, para a conclusão da HM. As durações são os espaços de tempo entre os instantes, que normalmente estão associados a gestos corporais importantes para eficácia e eficiência da tarefa motora. A ADE do salto vertical está representada na **Figura 1**, composta por treze etapas, sendo sete instantes e seis durações.

A etapa 1 (E1) ou instante 1 (I1) representa a posição inicial e o começo da HM. Durante a duração 1 (D1) a movimentação corporal visa acumular energia e preparar o sistema musculoesquelético para o melhor posicionamento para que a duração seguinte seja mais eficiente. No instante 2 (I2) pode-se identificar os graus de flexão de quadril, joelho e tornozelo, que serão importantes durante a próxima etapa, uma vez que influenciarão o deslocamento dos segmentos relacionados, assim como o tempo de contração das musculaturas envolvidas e por consequência, a rapidez angular do movimento (HALL, 2013). Rapidez esta que é diretamente proporcional à quantidade de força produzida e aplicada ao solo na duração 2 (D2). A contração concêntrica dos extensores de quadril, joelho e tornozelo nesta etapa irá gerar torques articulares positivos (UMBERGER, 1998) e por consequência uma força resultante aplicada ao solo. A magnitude e o tempo de aplicação desta força, influenciará diretamente o deslocamento do centro de massa (CM) do sujeito na fase aérea ascendente, duração 3 (D3).

O instante 3 (I3) tem sua importância uma vez que definirá o momento em que o sujeito perde o contato com o solo, ou seja, não há mais aplicações de força contra o solo. O CM do sujeito durante a D3 possui uma trajetória definida, ele está em fase aérea ascendente e influenciado predominantemente pela ação da força gravitacional. O instante 4 (I4) será definido pelo ponto mais alto do CM, este servirá de parâmetro para mensurar a altura do salto. A duração 4 (D4) será caracterizada pela fase aérea descendente, a qual terá como seu

instante final, o instante 5 (I5), caracterizado pelo primeiro contato com o solo após a fase aérea. A duração 5 (D5) será o momento de absorção de cargas, ou seja, é o momento em que a cinemática da tarefa motora tem como principal objetivo dissipar as forças de reação do solo que entram para o corpo após o contato com terreno, o instante final para esta etapa é identificado quando o CM está com altura mais baixa novamente. A duração 6 (D6) é caracterizada pelo retorno a posição final, encerrando o movimento com o instante 7 (I7), similar ao I1.

Figura 1 - Análise de Divisão em Etapas do Salto Vertical - Etapa (E) - Instante (I) - Duração (D)



Fonte: Marinho, 2018

Tabela 1 - Nome das etapas.

Número da etapa	Nome da Etapa	Número/Nome do Instante	Número/ Nome da Duração
E1	Etapa 1	I1 / Instante 1	
E2	Etapa 2		D1 / Duração 1
E3	Etapa 3	I2 / Instante 2	
E4	Etapa 4		D2 / Duração 2
E5	Etapa 5	I3 / Instante 3	
E6	Etapa 6		D3 / Duração 3
E7	Etapa 7	I4 / Instante 4	
E8	Etapa 8		D4 / Duração 4
E9	Etapa 9	I5 / Instante 5	
E10	Etapa 10		D5 / Duração 5
E11	Etapa 11	I6 / Instante 6	
E12	Etapa 12		D6 / Duração 6
E12	Etapa 13	I7 / Instante 7	

Fonte: Marinho, 2018

Tabela 2 - Nome das etapas.

<b>Etapa</b>	<b>Nome</b>	<b>Etapa</b>	<b>Nome</b>
<b>E1</b>	Posição inicial	E8	Fase aérea descendente
<b>E2</b>	Acúmulo de energia	E9	Retorno ao contato com o solo
<b>E3</b>	CM mais baixo da propulsão	E10	Aterrissagem
<b>E4</b>	Propulsão	E11	CM mais baixo da aterrissagem
<b>E5</b>	Último contato com o solo	E12	Retorno à posição
<b>E6</b>	Fase aérea ascendente	E13	Posição final
<b>E7</b>	Centro de Massa mais alto		

Legenda: Centro de Massa (CM)

Fonte: Marinho, 2018

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Introdução

A amostra do estudo é pareada, uma vez que todos os indivíduos realizaram HM do SV e os dois MCE durante as práticas no ensino do SV, o salto sobre obstáculo e salto com alcance vertical.

### 2.2. Sujeitos

Participaram deste estudo 12 sujeitos adultos fisicamente ativos com idade entre 23 e 40 anos. Sendo quatro homens e oito mulheres. Os dados demográficos estão representados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Foi usado como critério de inclusão, qualquer indivíduo voluntário que não possuísse qualquer tipo de lesão ou cirurgia nos membros inferiores, assim como histórico de diagnóstico de deficiência neurológica ou cognitiva que possam comprometer a execução do SV. Os procedimentos metodológicos foram aprovados pelo comitê de ética em pesquisa do Hospital Pedro Ernesto (HUPE-UERJ).

Tabela 3–Dados demográficos da amostra

Dados demográficos	Mediana (IQ <sub>25/75%</sub> )
Massa, kg	64,7 (58,1/69,4)
Idade, anos	28,5 (26,0/33,8)
Estatutura, cm	164,0 (161,9/169,2)

Legenda: Mediana e primeiro e terceiro quartis (IQ<sub>25/75%</sub>) da idade em anos, massa em kg e estatura em cm dos sujeitos do estudo

Fonte: Marinho, 2018

### 2.3. Movimentos corporais utilizados como exercícios

Foram escolhidos dois tipos de estratégias que são comumente utilizados no ensino do SV, o salto sobre obstáculo (SO) e o salto com alcance vertical (AV), a escolha foi feita por conveniência.

Durante o SO, o indivíduo se posiciona na frente de dois cones conectados por um bastão de plástico que serviu como sarrafo para o salto com obstáculo ( **Figura 2**). O sujeito foi instruído a realizar um salto bilateral e ultrapassar o obstáculo, aterrissando do outro lado. A instrução para a movimentação de membros superiores foi para que os participantes os movimentassem livremente. A altura do sarrafo foi normalizada pela altura do ponto da tuberosidade da tíbia de cada avaliado.

Figura 2 - Instrumento para o salto com obstáculo



Fonte: Marinho, 2018

Para o salto com alcance vertical, foi utilizado um sistema de roldanas, com fios e um marcador reflexivo que serviu de alvo para os indivíduos alcançarem com as duas mãos. A altura do marcador foi normalizada a partir de saltos anteriores, que serviram para identificar a maior altura alcançada de cada sujeito. Após este procedimento, o marcador foi colocado na tal posição e, posteriormente, a coleta realizada. O indivíduo foi instruído a saltar bilateralmente e tentar alcançar o marcador.

#### 2.4. **Habilidade motora salto vertical**

Foi instruído aos sujeitos que realizassem o salto vertical bilateral com contra movimento, com o intuito de alcançar a maior altura possível. O indivíduo posicionou-se no centro da sala de coleta, em posição ortostática, realizou um leve agachamento, seguido do salto bilateral, aterrissagem e retorno a posição inicial. A movimentação de membros superiores não foi instruída ou controlada.

#### 2.5. **Instrumentação e coleta de dados**

Foram utilizadas oito câmeras com sensores infravermelhos (BONITA 10, VICON, Oxford Metrics, UK) para capturar a posição dos marcadores reflexivos nos sujeitos. As imagens foram capturadas a uma frequência de amostragem de 250 Hz, respeitando o teorema de Nyquist. As câmeras emitem e refletem infravermelhos que capturam os marcadores reflexivos posicionados nos sujeitos. A sincronização das câmeras e a coleta foram realizadas por meio do software Nexus versão 1.8.3 (VICON, Oxford Metrics, UK).

Trinta e um marcadores esféricos reflexivos (**Figura 4**) de 14 mm foram posicionados em regiões anatômicas de forma a permitir o desenvolvimento de um modelo corporal dos membros inferiores, baseado em segmentos rígidos, que possibilitaram a mensuração do movimento corporal. O modelo foi composto por tronco, pelve, coxa direita e esquerda, perna direita e esquerda e pé direito e esquerdo. Os marcadores foram posicionados na parte mais protuberante das vértebras C7, T7, T10, manúbrio (CLAV) e parte inferior do esterno no processo xifoide (STRN) formando o segmento tronco. A pelve foi composta por marcadores

referenciais na crista ilíaca direita (CI D) e esquerda (CI E) e anatômicos na espinha ilíaca anterossuperior direita (EIAS D) e esquerda (EIAS E), espinha ilíaca posterosuperior direita (EIPS D) e esquerda (EIPS E).

Para o cálculo dos eixos articulares do joelho e auxílio na reconstrução dos segmentos da coxa e perna, foram utilizados os marcadores anatômicos docôndilo lateral do fêmur direito (C D) e esquerdo (C E), cômulo medial do fêmur direito (CM D) e esquerdo (CM E), cabeça da fíbula direita (CF D) e esquerda (CF E), tuberosidade da tibia direita (TTI D) e esquerda (TTI E). Para o cálculo dos eixos articulares do tornozelo e auxílio na reconstrução dos segmentos da perna e pé, marcadores foram posicionados no maléolo lateral direito (M D) e esquerdo (M E), maléolo medial direito (MM D) e esquerdo (MM E), região posterior do calcâneo direito (Cc D) e esquerdo (Cc E), cabeça do segundo metatarso no pé direito (2MT D) e esquerdo (2MT E), cabeça do primeiro metatarso direito e esquerdo (1MT E) e cabeça do quinto metatarso no pé direito (5MT D) e esquerdo (5MT E). Este posicionamento dos marcadores foi utilizado para determinar, a partir de três posições não colineares em cada segmento, um sistema de referência local em cada segmento em relação ao sistema de referência global do laboratório.

Em seguida, foram posicionadas estruturas de plástico rígido composta por quatro marcadores, que foram chamadas de *clusters*. Os *clusters* foram fixados com uma fita elástica e ataduras para que ficassem bem aderidos aos segmentos (**Figura 4**).

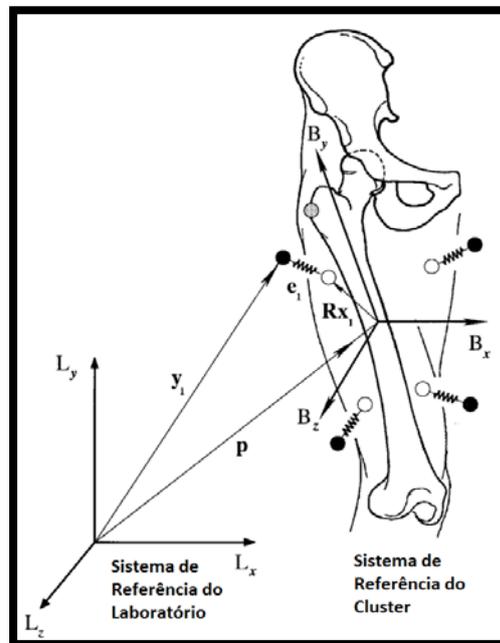
A posição ortostática de cada sujeito foi capturada inicialmente para fins de calibração anatômica e definição dos centros articulares, parâmetros antropométricos e inerciais como mostra a figura 4. Após a coleta da postura estática, são mantidos somente os marcadores do tronco, pelve, o 1MT D, 1MT E, 2MT D, 2MT E, 5MT D, 5MT E, Cc D, Cc E e os 4 *clusters*. O cluster irá definir um sistema de referência local (SRL) do segmento e a posição de cada marcador posicionado neste em relação ao SRL é calculada como mostra a **Figura 3**.

Desta forma, é possível reconstruir os marcadores que ficariam sobre o contato com a pele, considerando o SRL.

A escolha pela utilização deste “*marker*” set têm se mostrado mais fidedigna, uma vez que estes são capazes de diminuir o deslocamento dos marcadores oriundos da vibração da pele sobre a superfície óssea ou por conta da contração muscular (ANGELONI *et al.*, 1993). Cappozzo *et al* (1997) sugeriu a utilização de um algoritmo de mínimos quadrados, assim

como o uso de quatro marcadores nos *clusters* para minimizar os erros de marcadores reconstruídos pela posição do *cluster*.

Figura 3 - Figura representativa do erro devido a artefatos de movimento do cluster.



Fonte: CAPPOZO e CAPPELLO, 1997

As coordenadas tridimensionais (3D) de cada marcador foram filtradas por um filtro Butterworth passa baixas de 2ª ordem, aplicado nos sentidos direto e reverso para evitar distorções de fase, com frequência de corte de 8 Hz.

Figura 4 - Figura ilustrativa do posicionamento dos 31 marcadores reflexivos e das quatro placas de plásticos (clusters) aderidos na pele



Fonte: Marinho, 2018

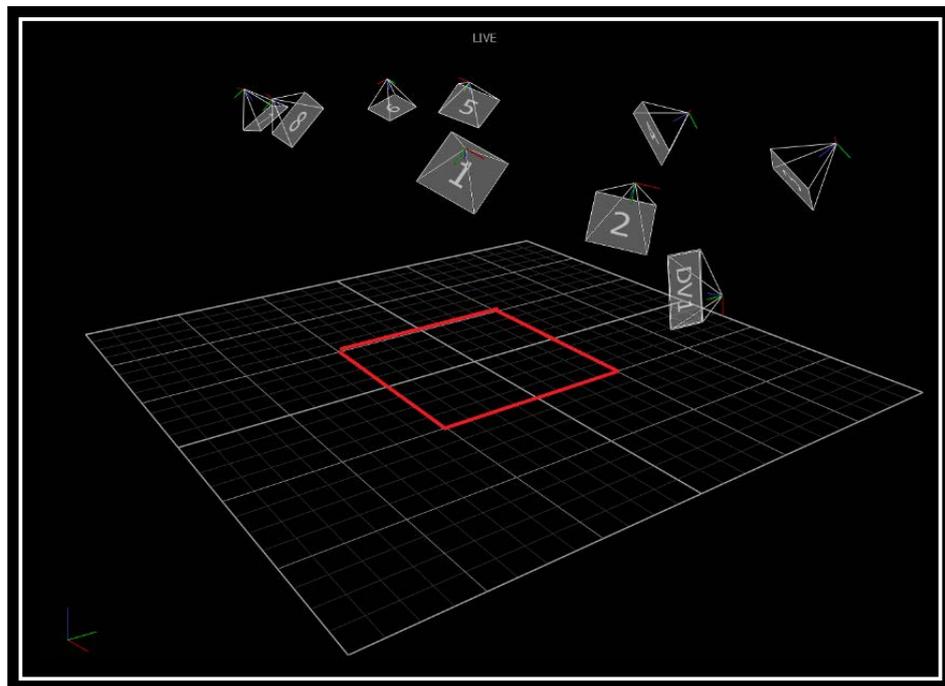
Foram utilizados os métodos de estimação dos centros de rotação simétricos (SCoRE – symmetrical CoR estimation) (Ehrig *et al.*, 2006) e uma abordagem dos eixos de rotação simétricos (SARA – symmetrical axes of rotation approach) (Ehrig, *et al.*, 2007) para calcular os centros de rotação e eixos articulares dos quadris e joelhos. Estes métodos foram utilizados porque a utilização deles permite que seja possível uma calibração funcional dos eixos articulares sendo menos suscetíveis a artefatos de movimentos causados pelo movimento excessivo dos marcadores sobre a pele (Taylor *et al.*, 2010). Para realizar essa calibração funcional dos eixos e centros articulares do quadril e joelho foi solicitado aos pacientes que realizassem movimentos padronizados com grande amplitude de movimento de cada uma das articulações. O executante começou em uma posição inicial ortostática e então realizaram um movimento denominado “StarArc” proposto por Camomilla *et al.*, 2006, que consiste em

movimentos de flexão, abdução e extensão do quadril seguidos por um movimento de circundação do quadril partindo da extensão para a flexão do mesmo para assim definir funcionalmente o centro articular desta articulação. Em seguida cada sujeito realizou seguidos movimentos de flexão e extensão completa do joelho com o quadril fletido em 90°. Por último, foram realizados movimentos de circundação da articulação do tornozelo. Os centros articulares dos joelhos foram obtidos pelo ponto médio entre os marcadores do côndilo medial e lateral e os centros articulares dos tornozelos foram obtidos pelo ponto médio entre o maléolo medial e o lateral (Taylor, *et al.*, 2010).

Os indivíduos realizaram a HM do SV e as duas MCE, o salto sobre obstáculo e o salto com alcance vertical. Cada indivíduo realizou três tentativas para cada tarefa, com intuito permitir uma familiarização com a conduta. Para a captura foi realizada três tentativas feitas após a familiarização da tarefa e para posterior análise foi utilizada a média destas capturas.

**Figura 5** representa o ambiente de coleta, oito câmeras no alto do laboratório. No centro da imagem, destacado em vermelho, o local onde foram realizados os saltos.

Figura 5 - Ambiente de Coleta



Fonte: Marinho, 2018

## 2.6. Análise estatística

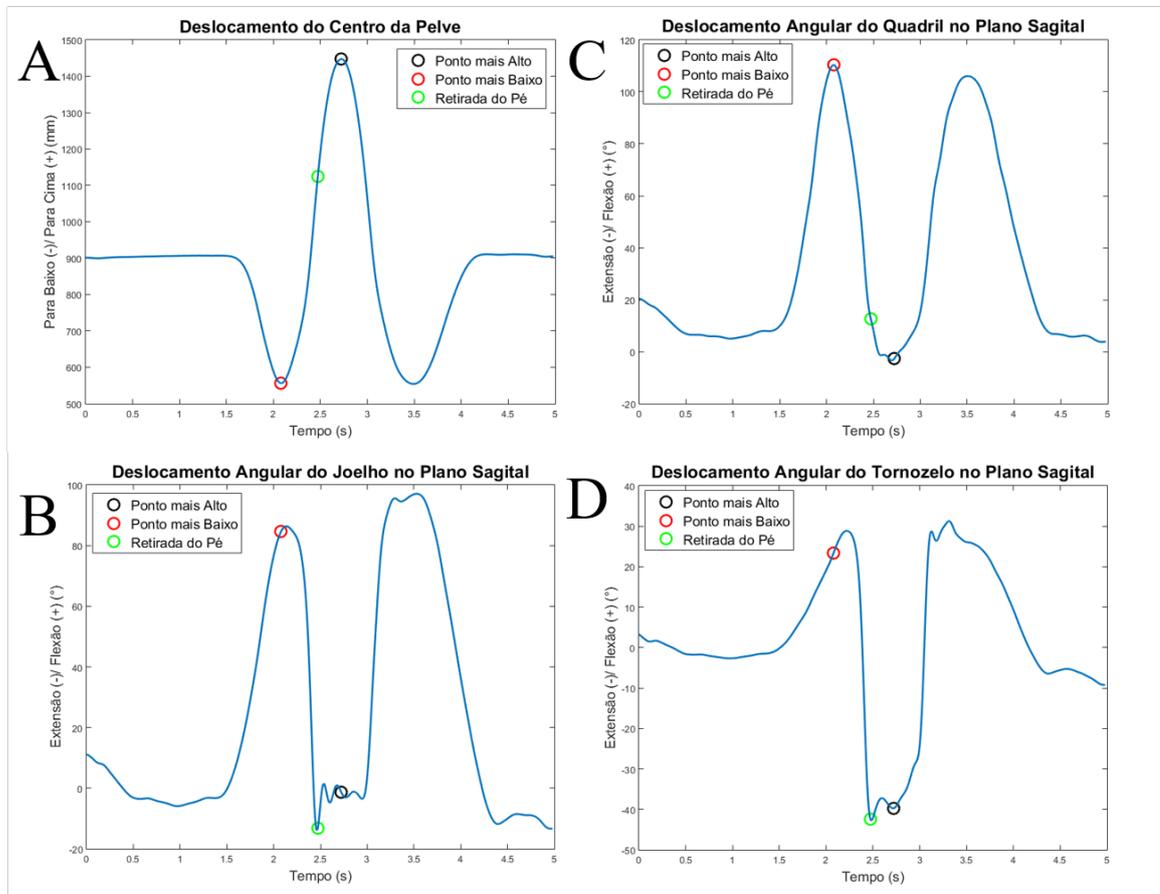
As análises estatísticas dos dados se iniciaram com a aplicação do teste de Kolmogorov-Smirnov, que não indicou aderência à distribuição normal. Neste sentido, foi utilizado o teste não paramétrico Friedman para amostras pareadas, com o teste post-hoc de Dunn-Sidak, para comparação entre as três tarefas avaliadas no estudo. O nível de significância foi sempre de  $\alpha = 0,05$ .

Todos os dados foram processados e analisados estatisticamente por meio do software MATLAB v.R2015b (The Mathworks, USA).

A análise estatística levou em conta as seguintes variáveis contínuas: centro da pelve, o deslocamento do quadril, joelho e tornozelo no plano sagital (Figura 6).

Para encontrar as coordenadas tridimensionais do centro da pelve, as coordenadas 3D a média aritmética dos marcados EIAS D, EIAS E, EIPS D e EIPS E foi calculada a cada frame. Foram selecionadas as durações um e dois e os instantes dois, três e quatro (Figura 1), uma vez que possuem, biomecânicamente, relação direta com o objetivo do SV.

Figura 6—Variáveis contínuas analisadas do sujeito 1



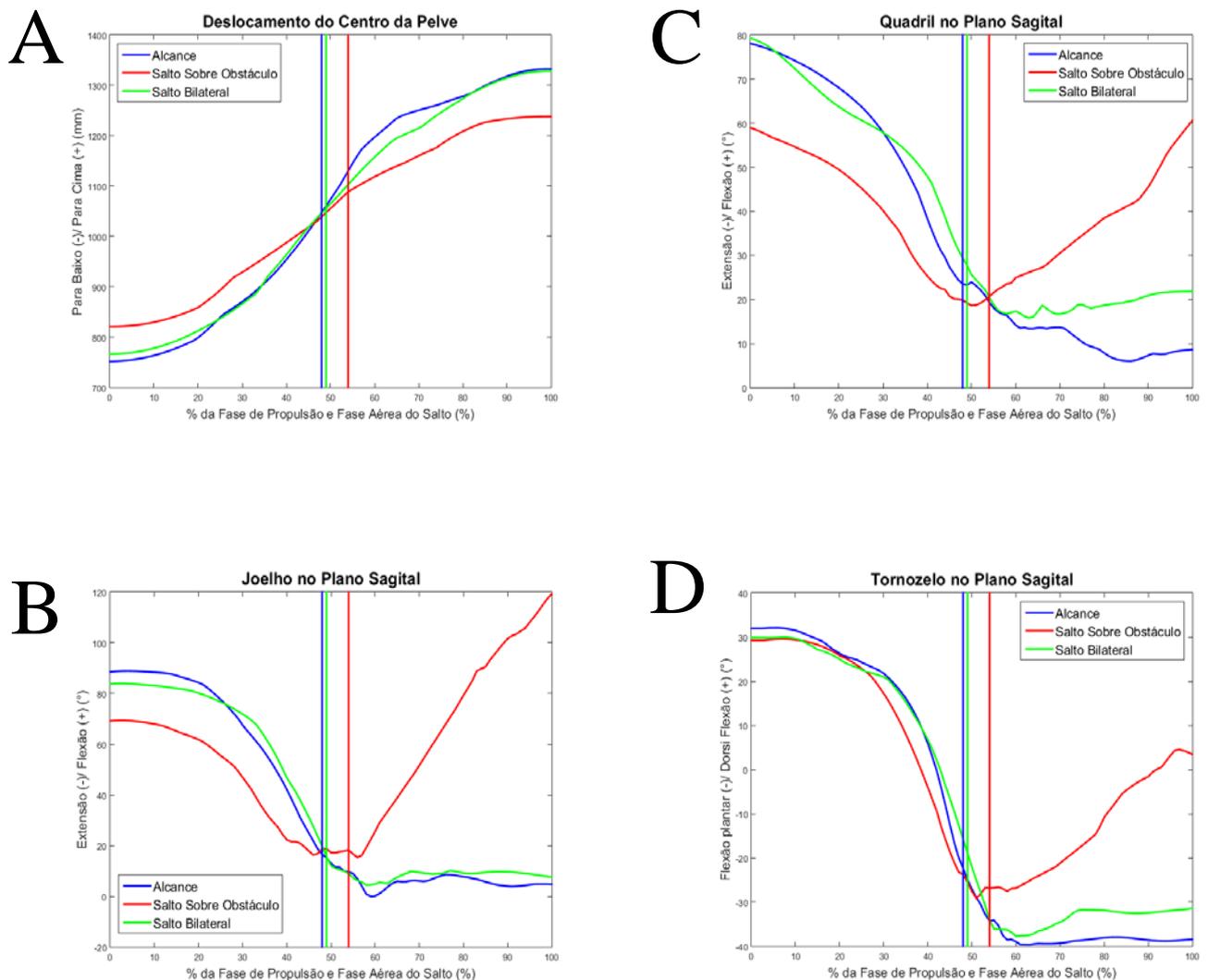
Legenda: A: Gráfico do deslocamento do centro da pelve durante o salto bilateral; B: Deslocamento angular do joelho no plano sagital durante o salto bilateral; C: Deslocamento angular do quadril no plano sagital durante o salto bilateral; D: Deslocamento angular do tornozelo no plano sagital durante o salto bilateral. O círculo vermelho nos gráficos representa o instante 2, o círculo verde o instante 3 e o círculo preto o instante 3 descritos na figura 1.

Fonte: Marinho, 2018

### 3. RESULTADOS

O padrão do deslocamento angular do quadril, joelho e tornozelo durante os três tipos de saltos foram representados na figura 8. O ponto zero do eixo das abscissas representa o I2, ponto mais baixo do CP, e o ponto final, o I4, ponto mais alto do CP durante a fase aérea, os dados de cada tarefa foram interpolados para 101 valores, representando 0% a 100%, com incrementos de 1%, utilizando um algoritmo de *splines* cúbicas.

Figura 7 - A: Gráfico do deslocamento do centro da pelve; B: Deslocamento angular do joelho no plano sagital; C: Deslocamento angular do quadril no plano sagital; D: Deslocamento angular do tornozelo no plano sagital.



Fonte: Marinho, 2018

O teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov revelou que os dados não possuem uma distribuição normal. Os resultados da análise do teste de Friedman evidenciaram diferenças significativas entre as três tarefas. Após a utilização do teste post-hoc de Dunn-Sidak foi possível identificar entre quais tarefas essas diferenças estavam presentes. Os valores positivos representam movimento de flexão da articulação e os valores negativos representam movimentos de extensão da articulação. Foram encontradas diferenças significativas no deslocamento do centro da pelve (CP) considerando o I3 até o I4 (Figura 1), entre salto vertical (SV) e salto sobre obstáculo (SO) e entre o SO e alcance vertical (AV) (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Não foi encontrada diferença significativa entre o SV e AV no que se refere ao deslocamento do CP.

Não foram encontradas diferenças significativas no deslocamento do quadril e tornozelo na D2 (Figura 1) entre as tarefas SV, SO e AV. No que corresponde ao deslocamento do joelho na D2, foi encontrada diferença significativa entre SV e SO e entre AV e SO (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Na análise da D3, foram encontradas diferenças significativas em todas as articulações estudadas, entre SV e SO e entre AV e SO (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Tabela 4 - Mediana e primeiro e terceiro quartis (IQ25/75%) para centro da pelve (% da estatura), durações das articulações do quadril, joelho e tornozelo (°) nas três tarefas motoras e resultado dos testes de Friedman (p-valor).

Variável de Interesse	AV	SB	Ultra	AV vs SB	AV vs Ultra	SB vs Ultra
Centro da Pelve	22,9 (20,8/25,1)	22,1 (19,6/26,4)	16,9 (14,5/20,4)	0,52	<0,01	<0,01
Duração 1 Quadril	-57,0 (-38,7/-63,7)	-54,0 (-39,3/-72,2)	-43,1 (-31,3/-59,3)	0,96	0,27	0,11
Duração 1 Joelho	-69,4 (-56,1/-74,2)	-63,3 (-51,1/-74,7)	-55,3 (-43,8/-59,3)	0,79	<0,01	0,02
Duração 1 Tornozelo	-48,2 (-44,1/-50,4)	-45,2 (-41,8/-50,4)	-55,9 (-43,6/-62,6)	0,80	0,39	0,07
Duração 2 Quadril	-13,7 (-7,9/-21,8)	-5,9 (-12,9/27,5)	38,5 (25,2/51,6)	0,39	<0,01	0,02
Duração 2 Joelho	-16,6 (-15,1/-18,9)	-15,6 (-18,6/83,5)	96,9 (76,9/108,6)	0,67	<0,01	0,01
Duração 2 Tornozelo	-21,7 (-10,9/-25,2)	-17,9 (-25,4/6,4)	28,3 (21,1/33,5)	0,53	<0,01	<0,01

Legenda: Valores positivos representam movimento de flexão da articulação. Valores negativos representam movimentos de extensão da articulação.

<sup>a</sup> Diferente da tarefa Alcance Vertical (p < 0,03) <sup>b</sup> Diferente da tarefa Salto Bilateral (p < 0,03) CP: Centro da Pelve.

Fonte: Marinho, 2018

#### 4. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi comparar os deslocamentos angulares no plano sagital do quadril, joelho e tornozelo e o deslocamento do centro da pelve entre o SV, AV e SO. Quanto ao deslocamento do CP, foram encontradas diferenças significativas durante o SV e o SO e AV e não foi encontrada diferença significativa entre o SV e AV.

Foram encontradas diferenças significativas no deslocamento do quadril, joelho e tornozelo na fase área ascendente entre o SO quando comparado ao SV e AV, mas não houve diferenças significativas entre o SV e AV. Durante a propulsão, D2, houve diferença significativa somente no deslocamento do joelho entre o SO e o SV e AV.

Estes resultados demonstram que o deslocamento do CP durante o SO apresenta valores menores quando comparados ao SV e AV. Uma possível explicação para esse resultado pode estar atrelada ao objetivo de cada tarefa. O SV e o AV têm como objetivo o maior alcance vertical. Durante o SV, os sujeitos foram instruídos a saltar o mais alto que conseguissem e durante o AV, os sujeitos possuíam um feedback visual para concluir o objetivo, o que resulta em um maior desempenho (KELLER *et al* 2015; WULF, 1998).

Esta situação é semelhante em outras práticas esportivas como o salto em altura e a corrida sobre barreiras, as quais têm por semelhança a transposição sobre um obstáculo. Com início da fase área, a trajetória do centro de massa (CM) já está definida (HALL, 2013), no entanto, isto não significa que a altura alcançada do CM foi superior a altura do obstáculo. É possível alterar a cinemática dos segmentos corporais mesmo quando o indivíduo está em fase área, desta forma é possível ultrapassar o obstáculo, sem que haja necessidade que a altura do CM seja maior que a altura do obstáculo (ZATSIORSKY, 2004).

Os deslocamentos angulares do quadril, joelho e tornozelo do SO encontrados na duração 3 (**Figura 1**) corroboram tal afirmativa, uma vez que os sujeitos parecem adotar uma postura com flexão de quadril, joelho e tornozelo aumentadas, enquanto as tarefas do SV e AV, os avaliados estão em uma postura de extensão das mesmas articulações. Portanto, as estratégias utilizadas pelos indivíduos durante o SO estão coerentes com o objetivo da tarefa, em detrimento da performance do salto.

O resultado do deslocamento do joelho na fase de propulsão, D2, parece ter relação com a desempenho de cada tarefa, uma vez que o SO apresentou uma menor extensão de joelho quando comparados ao SV e AV. Achado descrito em outros estudos, os quais identificaram que as posições iniciais da fase de propulsão com maior flexão de joelho geram um aumento na desempenho dos saltos devido a maior amplitude de extensão até o instante em que os sujeitos entram em fase área ascendente (GELLER et al, 2014; SALLES et al, 2011; KIRBY et al, 2011; McBRIDE, 2010).

Diante das variáveis analisadas, o AV parece reunir características cinemáticas mais próximas com o SV, acumulando propriedades coerentes com HM de deslocamento, uma vez que foi encontrado um maior deslocamento do CP. Assim como, o SO reúne informações biomecânicas mais próximas de uma ultrapassagem.

Diante da rasa quantidade de pesquisas sobre o tema e pela demanda de exercícios ou movimentos que estabeleçam elevados graus de especificidade biomecânica com a HM foco do aprendizado, sugere-se que o método desenvolvido no presente estudo, possa ser usado na busca por conhecimentos de outras HMs.

Algumas limitações foram identificadas no presente estudo. O baixo número amostral pode ter influenciado os resultados, assim como a alta variabilidade encontradas nos dados pode ser justificada pela baixa quantidade de pessoas avaliadas.

Uma variável que pode influenciar os resultados e não foi controlada é o repertório motor prévio, ou seja, a que tipo de estímulo motor cada sujeito foi influenciado durante o processo de aprendizagem motora ao longo da vida.

O estudo limitou-se a comparar variáveis cinemáticas específicas, é importante ter a ciência que outras variáveis, inclusive variáveis cinéticas podem apresentar resultados diferentes dos atuais.

## CONCLUSÃO

A hipótese do presente estudo foi confirmada, haja visto que houve diferenças significativas no deslocamento do centro da pelve e no deslocamento das articulações do quadril joelho e tornozelo durante a fase aérea. O AV parece reunir mais variáveis similares com o SV quando comparada com SO. Assim como, o AV não apresentou nenhuma diferença significativa nas variáveis analisadas quando comparadas ao SV.

Considerando o objetivo do SV e os princípios da aprendizagem motora, que discorrem pela busca da similaridade biomecânica dos exercícios utilizados no processo de ensino do SV, o AV parece guardar um maior grau de especificidade com o SV quando comparado ao SO.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, J. V. *et al.* Padrão motor do salto horizontal de crianças de 7 a 12 anos, considerando sexo, nível de atividade física e estado nutricional. **Revista da Educação Física/UEM**, v. 21, n. 1, 27 mar. 2010.
- ANGELONI, C. *et al.* Quantification of relative displacement of skin- and plate-mounted markers with respect to bones. **J Biomech.** v.26, p. 864,1993.
- ASTRAND, P. *et al.* **Tratado de fisiologia do trabalho: bases fisiológicas do exercício.** Rio de Janeiro: Artmed, 2005.
- BATISTA, L. A. Aplicabilidade da biomecânica no ensino de habilidades motoras esportivas. **Ação e Movimento**, v.1, n.4, p.211-224, 2004.
- \_\_\_\_\_. Biomecânica e o acaso no uso de recursos no ensino de habilidades desportivas. **Rev. de Ciência do Desporto dos Países de Língua Portuguesa**, v.1, n.2, p.105-115, 1993.
- \_\_\_\_\_. **O Conhecimento aplicado: a efetiva utilização do conhecimento contido no campo da Biomecânica nos processos de ensino de habilidades motoras desportivas.** 1996. Tese (Doutorado) - Universidade do Porto, Porto, 1996.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: educação física.** Brasília, MEC/SEF, 1997.
- CAMOMILLA, V. *et al.* Na Optimized protocol for hip joint centre determination using the functional method. **Journal of Biomechanics**, v.39, p. 1096-1106, 2006.
- CAPPOZZO, A.; CAPPELLO, A. Surface-Marker cluster design criteria for 3-D bone movement reconstruction. **IEEE transactions of Biomed Engineering.** v. 44, n. 12, p. 1165-74, 1997.
- DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO DO OESTE DA AUSTRÁLIA. **Fundamental movement skills, v.1: learning, teaching and assessment.** Perth, Australia, 2013.
- DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO DO OESTE DA AUSTRÁLIA. **Fundamental movement skills, v.2: the tools for learning, teaching and assessment.** Perth, Australia, 2013.
- DEPRA, P. P.; WALTER, D. R. Análise desenvolvimentista e do desempenho do salto vertical em escolares. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 14, n. 4, 1 jul. 2012.
- DONSKOI, D.; ZATSIORSKY, Z. **Biomecânica de losejercicios físicos.** Moscou: Madrugada, 1988.
- ENRIG, R. M. *et al.* A survey of formal methods for determining functional joint axes. **Journal of Biomechanics**, v. 40, p. 2150-2157, 2007.
- \_\_\_\_\_. *et al.* A survey of formal methods for determining the Centre of Rotation of Ball Joints. **Journal of Biomechanics**, v. 39, p. 2798-2809, 2006.

- FLORIA, P.; HARRISON, A. J. Influence of the range of motion on jumping height in childhood. **Methods**, v. 11, p. 2, 2011.
- GALLAHUE, D.; OZMUN, J. **Compreendendo o desenvolvimento motor**: bebês, crianças, adolescentes e adultos. São Paulo: Phorte, 2013.
- HALL, S. J.; **Biomecânica básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2013
- HEGEDUS, J. **La Ciencia del entrenamiento deportivo**. Buenos Aires: Estadium, 1984.
- KELLER, M. et al. Enhanced jump performance when providing augmented feedback compared to an external or internal focus of attention. **Journal of Sports Sciences**, v.33, n.10, p. 1067-1075, 2015
- KIRBY, T.J; MCBRIDE, J.M.; HAINES, T.L.; DAYNE, A. M.; Relative net vertical impulse determines jumping performance. **J Appl Biomech**, v.27, n.3, p.207-214, 2011.
- MAGILL, R. A. **Aprendizagem motora**: conceitos e aplicações. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.
- MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício**: energia, nutrição e desempenho humano. Rio de Janeiro: Guanaba Koogan, 2003.
- MCBRIDE, J.M; KIRBY, T.J; HAINES, T.L; SKINNER, J. Relationship between relative net vertical impulse and jump height in jump squats performed to various squat depths and with various loads. **Int J Sports Physiol Perform**, v.5, n.4, p.484-496, 2010.
- MEINEL, K.; SCHNABEL, G.; **Motricidade**: teoria da motricidade esportiva sob o aspecto pedagógico. I. Rio de Janeiro, 1984.
- MUNIZ, A.M.S., NADAL, J., Application of principal component analysis in vertical ground reaction force to discriminate normal and abnormal gait, **Gait & Posture**, v. 29, n. 1, pp. 31–35, 2009.
- SGRÒ, F. *et al.* Assessing vertical jump developmental levels in childhood using a low-cost motion capture approach. **Perceptual and motor skills**, v. 120, n. 2, p. 642–658, abr. 2015.
- TAYLOR, W.R. *et al.* Reperatability and reproducibility of OSSCA, a functional approach for assessing the kinematics of the lower limb. **Gait & Posture**, v. 32, p. 231-236, 2010.
- THOMAS, J. R.: NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- TUBINO, M., J., G.; **Metodologia do treinamento desportivo**. Rio de Janeiro: Shape, 2003.
- UMBERGER, B.R.; Mechanics of the vertical jump and two-joint muscles: Implications for training. **Strength and Conditioning**, v.20, n.5, p.70-75, 1998.
- WEINECK, J. **Treinamento ideal**. São Paulo: Manole, 2003.

WULF, G.; HOB, M.; PRINZ, W. Instructions for motor learning: Differential effects of internal versus external focus of attention. **Journal of Motor Behavior**, v.30, n.2, p.169-179, 1998.

ZATSIORSKY, V. M. **Biomecânica do esporte**. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004